



TUGAS AKHIR - TF145565

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA STEAM DRUM BOILER DI MINI PLANT STEAM ENGINE SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

NOVI LARASWATI
NRP 10511500000036

Dosen Pembimbing
Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
Ahmad Fauzan Adziimaa, S.T., M.SC.

PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA
STEAM DRUM BOILER DI MINI PLANT STEAM ENGINE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

**NOVI LARASWATI
NRP 10511500000036**

**Dosen Pembimbing
Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
Ahmad Fauzan Adziimaa, S.T., M.SC.**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TF145565

DESIGN LEVEL AUTOMATION SYSTEM IN STEAM DRUM BOILER AT MINI PLANT STEAM ENGINE AS A STEAM POWER PLANT

NOVI LARASWATI
NRP 10511500000036

Advisor Lecturer
Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
Ahmad Fauzan Adziimaa, S.T., M.SC.

D3 INSTRUMENTATION TECHNOLOGY STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2018

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA
STEAM DRUM BOILER
DI MINI PLANT STEAM ENGINE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

TUGAS AKHIR

Oleh:

NOVI LARASWATI
NRP. 10511500000036

Surabaya, 19 Juli 2018
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
NIP. 19761006 199903 1 002

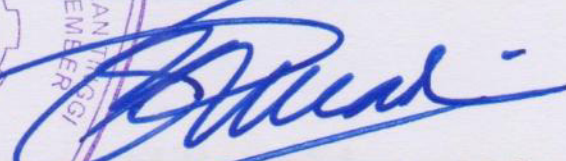
Dosen Pembimbing II



Ahmad Fauzan A., S.T., M.Sc.
NPP. 1991201711052



**Kepala Departemen Teknik
Instrumentasi ITS**



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA
STEAM DRUM BOILER
DI MINI PLANT STEAM ENGINE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NOVI LARASWATI
NRP. 10511500000036

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T. (Dosen Pembimbing I)
2. Ahmad Fauzan A., S.T., M.Sc. (Dosen Pembimbing II)
3. Murry Raditya, S.T., M.T. (Dosen Penguji I)
4. Dwi Oktavianto W. N., S.T., M.T. (Dosen Penguji II)

**SURABAYA
JULI 2018**

**RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA
STEAM DRUM BOILER
DI MINI PLANT STEAM ENGINE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

Nama : Novi Laraswati
NRP : 10511500000036
Program Studi : D3 Teknologi Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
2. Ahmad Fauzan A., S.T., M.Sc.

Abstrak

Era perkembangan jaman, khususnya dalam bidang industri diperlukan alat yang bekerja secara otomatis. Pada mini plant steam engine diperlukan sistem otomasi level guna mengontrol ketinggian air pada steam drum. Bila steam drum mengalami kondisi low water atau high water menyebabkan gangguan. Kondisi high water merupakan kondisi berbahaya dimana masukan turbin akan tercampur dengan air dari kelebihan level air di steam drum (carry over). Hal ini mengakibatkan korosi dan bahkan kerusakan turbin. Kondisi low water juga berbahaya karena saat kekurangan level air di steam drum yang menyebabkan overheating di steam drum. Otomasi level mengontrol MOV dimana ketika level air di steam drum belum mencapai set point, maka MOV akan membuka penuh (100%) sehingga air dari pompa akan mengalir. Dan setelah level air di steam drum mencapai set point, maka MOV akan menutup penuh (0%). Otomasi level ini menggunakan mikrokontroler ATmega32 sebagai kontroler, MOV sebagai aktuator, dan sensor level float switch sebagai sensing element pada steam drum. Sistem otomasi level pada plant ini memiliki set point sebesar 15 cm untuk membuka MOV CWX 15N. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point adalah 18 menit lebih 30 sekon.

Kata kunci: Sistem Otomasi Level, Mikrokontroler ATmega32, MOV CWX 15N, sensor level float switch

**DESIGN LEVEL AUTOMATION SYSTEM
IN STEAM DRUM BOILER
IN MINI PLANT STEAM ENGINE
AS A STEAM POWER PLANT**

Name : Novi Laraswati
NRP : 10511500000036
Study Program : D3 of Instrumentation Technology
Department : Instrumentation Engineering
Advisor Lecturer : 1. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.
2. Ahmad Fauzan A., S.T., M.Sc.

Abstract

In development era, especially in the field of industry required tools that work automatically. In mini plant steam engine required level automation system to control the water level on the steam drum. When the steam drum has low or high water conditions will cause disturbance. The high water condition is dangerous, where the steam turbine input will be mixed with water from the excess water level in the steam drum (carry over). This will result in corrosion and even damage to the turbine. The low water conditions are also very dangerous because if the process takes place but the lack of water level in the steam drum will cause overheating in steam drum. Level Automation controls the MOV where the level of air compilation in the steam drum has not reached the set point, so the MOV will open fully (100%) of the air from the pump will flow. And once the air level in the steam drum reaches the set point, then the MOV will close fully (0%). This level of Automation uses the ATmega32 microcontroller as a controller, MOV as an actuator, and a float switch sensor as the sensing element of the steam drum. The level automation system in this plant has a set of 15 cm to open MOV CWX 15N. The time required to reach the set point is 18 minutes over 30 seconds.

Key Words: Level Automation System, ATmega32 microcontroller, DC CWX 15N motor, float switch level sensor

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI LEVEL PADA STEAM DRUM BOILER DI MINI PLANT STEAM ENGINE SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP”**. Penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang bermanfaat.
2. Bapak Dr. Imam Abadi, S.T., M.T. dan Bapak Ahmad Fauzan A., S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan, dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak dan Ibu dosen Teknik Instrumentasi yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
4. Ibu tercinta Endang D. R., Ayah Wasis dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
5. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Tim *Mini Plant Steam Engine* (Naqiya, Kartika, Dresta, Khoim, Ronggo).
6. Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi 2015 yang selalu memotivasi penulis.

Surabaya, 19 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I	i
HALAMAN JUDUL II	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pompa Difragma	5
2.2. Boiler.....	13
2.3. Steam Drum.....	16
2.4. Level Float Switch	18
2.5. MOV	20
2.6. Mikrokontroler ATmega32.....	24
2.7. LCD 20x4.....	31
2.8. Sight Glass.....	33
2.9. Pengukuran dan Kesalahan.....	34
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Alat dan Bahan	37
3.2 Prosedur Percobaan.....	40
3.2.1.Perancangan dan Perakitan Alat.....	41
3.2.2.Pembuatan Program pada Mikrokontroler	44
3.2.3.Kompilasi Program dengan Alat	48
3.2.4.Uji Coba	48

3.2.5.Instalasi pada Plant.....	48
3.2.6.Pengambilan Data.....	49
3.2.7.Analisa Data.....	49
3.2.8.Kesimpulan	49
3.2.9.Pembuatan Laporan	49
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian.....	51
4.2 Pembahasan	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Pompa	6
Gambar 2.2 Bagian Pompa Resiprokating.....	9
Gambar 2.3 Pompa Piston	10
Gambar 2.4 Boiler Fire Tube	15
Gambar 2.5 Boiler water tube	16
Gambar 2.6 Steam drum dengan level glass.....	17
Gambar 2.7 Level float switch	19
Gambar 2.8 Valve Assembly	21
Gambar 2.9 MOV CWX 15N Mini-Motorized-Valve	24
Gambar 2.10 Mikrokontroler ATmega32	26
Gambar 2.11 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega32..	27
Gambar 2.12 LCD 20x4	32
Gambar 2.13 Sight Glass	34
Gambar 3.1 Pompa Diafragma.....	37
Gambar 3.2 Level float switch.....	38
Gambar 3.3 MOV CWX 15N Mini-Motorized-Valve	39
Gambar 3.4 Diagram Alir	40
Gambar 3.5 P&ID Mini Plant Steam Engine	42
Gambar 3.6 BFD Mini Plant Steam Engine	42
Gambar 3.7 P&ID Sistem Otomasi Level	43
Gambar 3.8 Diagram Blok Otomasi Level	44
Gambar 3.9 Konfigurasi Level Float Switch	45
Gambar 3.10 Konfigurasi MOV	45
Gambar 3.11 Konfigurasi Tampilan LCD	46
Gambar 3.12 Listing Program Atmega 32 pada CVAVR	47
Gambar 4.1 Mini Plant Steam Engine	51
Gambar 4.2 Grafik nilai voltase sensor level float switch	54
Gambar 4.3 Grafik tanggapan Aktuator	55
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Otomasi Level.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi khusus port A	28
Tabel 2.2 Fungsi khusus port B.....	28
Tabel 2.3 Fungsi khusus port C.....	29
Tabel 2.4 Fungsi khusus port D.....	30
Tabel 2.5 Fungsi Pin pada LCD 20x4.....	32
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Level Float Switch.....	52
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Aktuator	54
Tabel 4.3 Data Pengujian Otomasi Level	56
Tabel 4.4 Ketelitian Pengukuran Sistem	57

DAFTAR NOTASI

- e_t : kesalahan pengukuran
 x_t : nilai sebenarnya
 x_a : nilai pengukuran atau nilai pendekatan (aproksimasi)
 e_r : kesalahan relatif
 pe_r : prosentase kesalahan relatif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hampir semua proses industri dalam menjalankan proses produksinya membutuhkan bantuan sistem pengendali dan otomatisasi. Ada banyak pengendalian yang harus dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum adalah tekanan (*pressure*) di dalam sebuah *vessel* atau pipa, aliran (*flow*) di dalam pipa, suhu (*temperature*) di unit proses seperti *mixing process*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki[1].

Perkembangan teknologi elektronika dewasa ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Perkembangan ini cenderung mengarah pada peningkatan optimalisasi kecepatan kerja dan minimalisasi. Artinya peralatan dan komponen elektronika diupayakan menggunakan materi dan ukuran yang semakin kecil tetapi mempunyai kemampuan kecepatan maupun kerja yang lebih tinggi. Kesibukan *user* untuk melakukan kontrol secara kontinyu juga sangat mempengaruhi. Mereka cenderung memilih produk yang melakukan pengoperasian otomatis dibanding dengan produk yang cara pengoperasiannya manual. Hal tersebut dikarenakan oleh masalah yang seringkali muncul di industri berupa tidak diketahuinya tangki penampung fluida tersebut kosong atau sudah penuh. Kalau tangki tersebut sudah penuh seringkali fluida di dalamnya meluap karena *valve* (katup) pada pipa pengisian tidak ditutup sehingga mengisi tangki terus-menerus[2]. Dengan demikian diperlukan suatu sistem kontrol otomasi pada sebuah *plant*. Contohnya adalah sistem otomasi level pada *steam drum* yang dimaksudkan untuk menjaga ketinggian permukaan air pada *steam drum* tersebut.

Steam Drum adalah salah satu bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk memisahkan uap dari air setelah proses pemanasan yang terjadi dalam *boiler* yang didasarkan atas perbedaan berat jenis. Salah satu faktor dominan untuk mendapatkan *steam* yang berkualitas adalah level fluida cair dalam drum. Level air

dipertahankan pada ketinggian NWL (*Normally Water Level*). Bila *steam drum* mengalami kondisi *low water* atau *high water* maka sistem akan mengalami kondisi *trip*, yaitu kondisi dimana sistem berhenti beroperasi hingga perlu dilakukan waktu untuk *restart* awal untuk memulai proses. Kondisi *high water* merupakan kondisi yang sangat berbahaya bagi proses selanjutnya, dimana masukan turbin yang berupa *steam* akan tercampur dengan air dari kelebihan level air di *steam drum* (*carry over*). Hal ini akan mengakibatkan korosi dan bahkan kerusakan pada turbin. Kondisi inilah yang tidak diinginkan oleh perancang. Selain kondisi itu, kondisi *low water* juga sangat berbahaya karena jika proses berlangsung tetapi kekurangan level air di *steam drum* yang akan menyebabkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen pembangkitan listrik sehingga sangat merugikan selain juga berbahaya. Untuk meminimalkan masalah di atas maka diperlukan sistem kendali yang handal agar keberlangsungan proses tetap terjaga dengan baik [3].

Oleh karena itu dibuatlah Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Otomasi Level pada *Steam Drum Boiler* di *Mini Plant Steam Engine* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana merancang sistem otomasi level air pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine*?

1.3. Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah sebagai berikut:

- merancang sistem otomasi level air pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine* agar dapat mempertahankan level sesuai *set point* yang diinginkan
- mencegah terjadinya kelebihan level air di *steam drum* (*carry over*) karena dapat menyebabkan kerusakan pada turbin

- mencegah terjadinya *low water* pada saat proses pembakaran karena dapat menyebabkan *overheating* di *steam drum* dan produksi uap menjadi terhambat.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

- Tugas Akhir ini hanya membahas tentang sistem otomasi *level* di *steam drum boiler* pada *mini plant steam engine* sebagai pembangkit listrik tenaga uap untuk penunjang praktikum termodinamika terapan.
- Dalam Tugas Akhir ini menggunakan mikrokontroler ATmega32.
- Mode pengukuran yang dilakukan adalah mode pengukuran dengan menggunakan measuring unit sensor level *float switch*.

1.5. Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai sistem otomasi level pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine* sebagai pembangkit listrik tenaga uap yang mana diharapkan Tugas Akhir ini nantinya dapat dijadikan media pembelajaran dan pengetahuan bagi mahasiswa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pompa Diafragma

Pompa merupakan pesawat angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa menghasilkan suatu tekanan yang sifatnya hanya mengalir dari suatu tempat ke tempat yang bertekanan lebih rendah. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Fluida yang dipindahkan adalah fluida *incompressibel* atau fluida yang tidak dapat dimampatkan. Dalam kondisi tertentu pompa dapat digunakan untuk memindahkan zat padat yang berbentuk bubuk atau tepung. Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.

Untuk melakukan kerja hisap dan menekan pompa membutuhkan energi yang berasal dari penggerak pompa. Energi mekanis dari penggerak pompa oleh elemen pompa diubah menjadi energi tekan pada fluida sehingga fluida memiliki daya air. Energi dari penggerak pompa selain untuk memberi daya alir pada fluida juga digunakan untuk melawan perbedaan energi potensial, mengatasi hambatan dalam saluran yang diubah menjadi panas. Energi yang digunakan untuk mengatasi hambatan dan yang diubah menjadi panas merupakan kerugian energi bagi pompa. Dari keterangan di atas maka dapat disimpulkan fungsi pompa sebagai berikut:

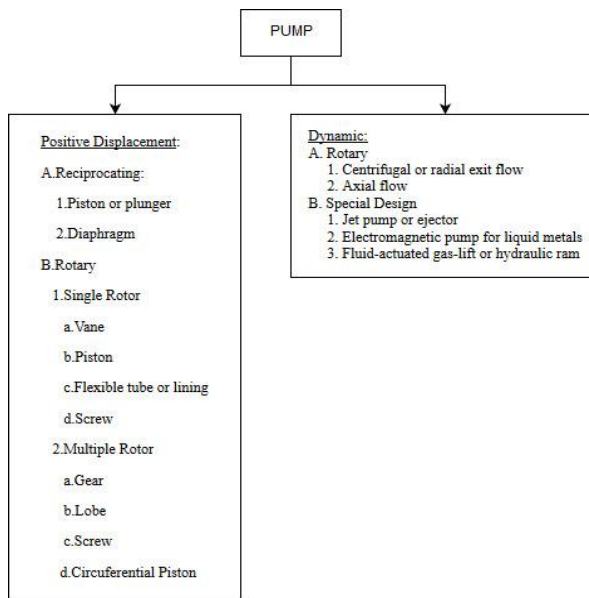
- a) Untuk mengubah energi mekanis dari penggerak pompa

menjadi energi tekan dalam fluida sehingga akan menjadi aliran fluida atau perpindahan fluida melalui saluran tertutup

- b) Memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu
- c) Memindahkan fluida dari tempat yang berkedudukan rendah ketempat yang berkedudukan tinggi [3]

Klasifikasi Pompa

Klasifikasi pompa berdasarkan prinsip operasinya:



Gambar 2.1 Klasifikasi Pompa [4]

- *Positive Displacement Pumps*

Pompa yang bekerja menghisap zat cair, kemudian menekan zat cair tersebut, selanjutnya zat cair dikeluarkan melalui katup

atau lubang keluar. Pada pompa ini fluida yang dihisap sama dengan fluida yang dikeluarkan. Jenis-jenis pompa *positive displacement* yaitu:

a) Pompa *reciprocating*

Pompa *reciprocating* adalah sebuah pompa dimana energi mekanis penggerak pompa diubah menjadi energi aliran dari zat cair yang dipindahkan dengan menggunakan elemen yang bergerak bolak-balik di dalam sebuah silinder. Elemen yang bergerak bolak-balik itu dapat berupa piston atau plunyer. Pompa *reciprocating* biasanya digunakan untuk memindahkan fluida kental dan digunakan pada sumur minyak. Contoh dari pompa *reciprocating* adalah pompa piston, pompa plunyer, dan pompa diaphragma.

b) Pompa rotari

Pompa rotari adalah pompa perpindahan positif dimana energi ditransmisikan dari mesin penggerak ke cairan dengan menggunakan elemen yang berputar di dalam rumah (*casing*). Pada waktu elemen berputar, di dalam rumah pompa berbentuk ruangan yang mula-mula volumenya berkurang (pada sisi tekan). Karena putaran elemen tersebut konstan maka aliran zat cair yang dihasilkan hampir merata. Pompa rotari banyak digunakan pada pemompaan cairan yang viskositasnya lebih tinggi dari air. Contoh dari pompa rotary adalah pompa gear, pompa lube, pompa screw, dan pompa baling-baling.

- *Rotodynamic Pumps*

Pompa rotodinamik juga dikarakteristikan oleh cara pompa tersebut beroperasi yaitu impeler yang berputar mengubah energi kinetik menjadi tekanan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida. Prinsip kerjanya yaitu menambahkan energi

kinetis terhadap air dengan cara meningkatkan kecepatan aliran air tersebut. Jenis-jenis pompa rotodinamik yaitu:

a) *Pompa sentrifugal*

Pompa yang prinsip kerjanya merubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi tekanan fluida.

b) *Pompa peripheral* dan pompa spesial

Merupakan pompa dengan efek khusus dan digunakan untuk kondisi yang khusus pula di lokasi industri.

- *Other Pumps*

Berikut merupakan pompa jenis lain:

a) *Jet Pump*

Jet pump digunakan untuk mengkonversi fluida dengan energi (*head* tinggi & debit rendah) → (*head* rendah & debit tinggi).

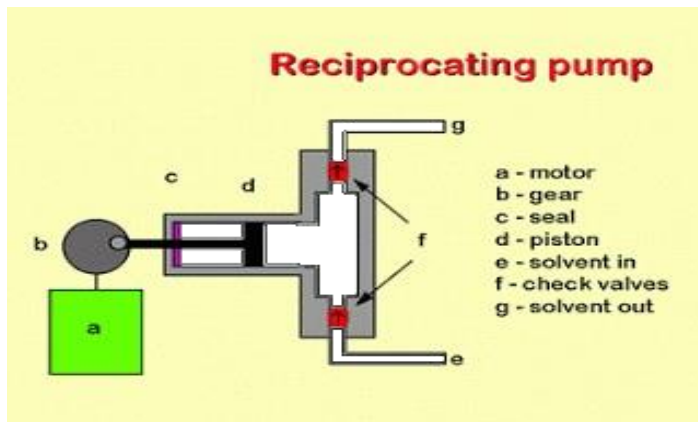
b) *Hydraulic Pump*

Hydraulic pump digunakan untuk mengkonversi fluida (*head* rendah & debit tinggi) → (*head* tinggi & debit rendah). *Hidraulic* ram sering dipasang pada daerah perbukitan di sekitar sungai. Hidraulic ram digerakkan oleh ram yang tidak memerlukan penggerak mula [5].

Pompa Resiprokating

Pompa resiprokating adalah suatu jenis dari *positive displacement pump* dengan menggunakan aksi *displacement*. Pompa resiprokating merupakan pompa bolak-balik yang dirancang untuk menghasilkan kapasitas yang cukup besar dan merupakan pompa yang mengubah energi mekanis penggerakannya menjadi energi aliran fluida dengan menggunakan bagian pompa yang bergerak bolak-balik di dalam silinder. Umumnya

menggunakan *head* yang rendah dan digunakan pada perbedaan ketinggian yang tidak terlalu besar antara *suction* dan *discharge*. Adanya perpindahan zat cair disebabkan adanya perubahan volume ruang kerja pompa yang diakibatkan oleh gerakan elemen pompa yaitu maju mundurnya piston. Dengan perubahan tersebut, zat cair pada bagian luar (katup buang memiliki tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan pada katup isap), sehingga kapasitas yang dihasilkan sesuai dengan volume yang dipindahkan. Semua pompa resiprokating memiliki bagian yang berfungsi untuk mengatasi fluida yang dinamakan *liquid end*, yang terdiri dari torak/*plunger*, silinder, katup isap, katup buang, sil antara silinder dan torak.



Gambar 2.2 Bagian Pompa Resiprokating [3]

Bagan-bagan pompa resiprokating:

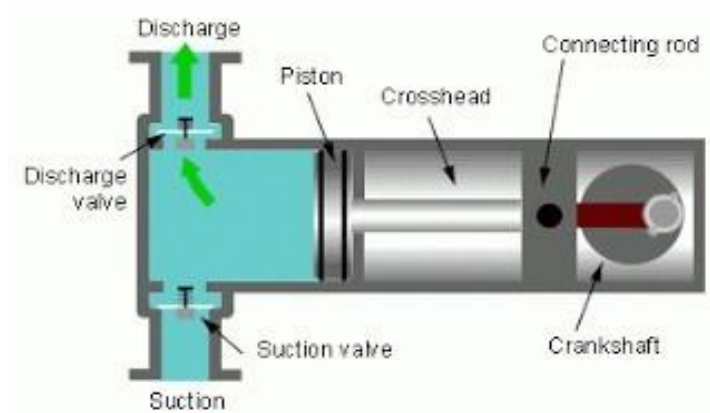
- a. *Motor* : bagian penggerak (*power end*) yang terdiri dari poros engkol dan batang engkol
- b. *Gear* : roda gigi
- c. *Seal* : katup penyekat / katup penahan
- d. *Piston* : silinder berbentuk huruf T horizontal

- e. *Solvent in* : tempat fluida masuk
- f. *Check valves* : katup isap pada bagian bawah dan katup buang pada bagian atas
- g. *Solvent out* : tempat fluida keluar

Jenis-jenis pompa resiprokating:

- Pompa Piston

Pompa piston memanfaatkan gerakan maju mundurnya piston sebagai penggerak masuk keluarnya suatu fluida. Aplikasinya pada pompa air, pompa minyak socker, dll.



Gambar 2.3 Pompa Piston[3]

- Pompa Plunger

Plunger pump merupakan suatu silinder baja yang panjang, *packingnya* terletak konstan (*stationary*) pada bagian dalam dari silindernya. Perbedaannya dengan pompa piston yaitu bentuknya lebih panjang dan *pakingnya* menempel pada silinder. Sedangkan pada pompa piston, *pakingnya* menempel pada piston itu sendiri.

- **Pompa Diafragma**

Pompa ini digunakan untuk memindahkan fluida. Prinsip kerja pompa ini juga hampir sama dengan pompa piston, namun pada pompa diafragma memiliki dua silinder dan pada dasarnya cara kerjanya hampir sama dengan paru-paru manusia yaitu berdasarkan pada mengembang dan mengempisnya diafragma [3].

Pompa Diafragma

Pompa diafragma termasuk pompa perpindahan positif dimana pompa diafragma mempunyai komponen utama yang berupa membran fleksibel sebagai elemen pemindah positif. Pompa Diafragma mentransfer energi dari penggerak ke cairan melalui batang penggerak yang bergerak bolak-balik untuk menggerakkan diafragma sehingga timbul isapan dan penekanan secara bergantian antara katup isap dan katup tutup. Pompa ini umumnya untuk kapasitas kecil dipakai untuk aliran jernih atau yang mengandung padatan misalnya bubur kertas kental, air selokan bahkan campuran air dan pasir. Pompa jenis ini tahan terhadap korosi dikarenakan bahan yang berhubung langsung berupa diafragma. Klasifikasi pompa diafragma:

- a. **Pompa Diafragma Penggerak Udara**

Pompa diafragma penggerak udara mempunyai 2 diafragma yang dihubungkan oleh suatu poros penghubung dimana ketika udara bertekanan memasuki ruang pada diafragma, maka akan menekan diafragma tersebut dan poros penghubung menarik diafragma lainnya. Akibatnya fluida di diafragma pertama menjadi tertekan dan keluar, sebaliknya di diafragma kedua terjadi penghisapan fluida. Jika sistem pneumatik mendeteksi di ruang diafragma pertama penuh dengan udara maka secara otomatis tekanan udara dipindah kekanan yang berakibat kebalikan dari

proses pertama tadi, sehingga efek yg dihasilkan adalah terjadinya sistem saling memompa secara bergantian.

b. Pompa Diafragma Penggerak Hidrolik

Pompa hidrolik biasanya menggunakan satu diafragma yang terhubung dengan penggerak hidrolik dimana ketika sistem hidrolik menarik diafragma maka yg terjadi adalah efek hisap yg membuat fluida masuk melalui inlet dan melewati katup masuk yg terbuka, sedangkan katup untuk keluar fluida tertutup. Namun, ketika sistem hidrolik menekan diafragma maka fluida yg masuk akan tertekan keluar melalui outlet melalui katup yg terbuka sedangkan katup masuk justru tertutup. Begitu seterusnya sehingga fluida akan mengalir.

c. Pompa Diafragma Penggerak Motor

Pompa jenis ini menggunakan motor sebagai penggerak diafragmanya. Diafragma digerakkan oleh lengan *shaft* yang dihubungkan dengan motor. Gerakan rotasi motor menyebabkan gerakan translasi lengan *shaft* yg mengakibatkan diafragma bergerak maju mundur yang menimbulkan efek hisap dan tekan pada fluida, sehingga dengan dibantu katup dalam membuka dan menutup aliran fluida maka fluida dapat mengalir.

Jenis katup pada pompa diafragma:

a. Katup Bola

Katup Bola merupakan sebuah katup pada pompa diafragma yang berfungsi seperti katup pada umumnya yaitu untuk membuka dan menutup saluran. Katup ini efisien jika digunakan Katup bola digunakan jika kondisi fluida yang dihisap mengandung lebih dari 15% padatan. Selain itu fungsi bola ini juga membantu menghancurkan padatan yang tercampur dengan fluida.

b. Katup Flapper

Katup Flapper berfungsi seperti katup pada umumnya, juga untuk membuka dan menutup saluran. Katup ini sangat efisien digunakan untuk fluida yang tingkat campuran padatnya kurang dari 15% [6].

2.2. Boiler

Boiler/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam* berupa energi kerja. Air panas atau *steam* pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor. Jika air dididihkan sampai menjadi *steam*, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

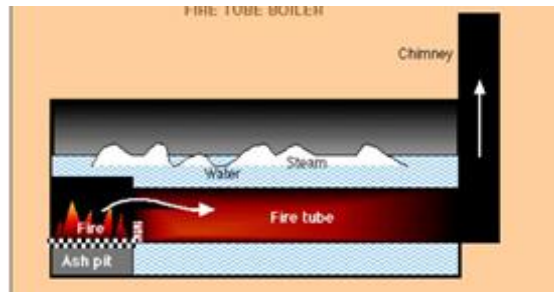
Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem *boiler* memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan *steam* yang digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (*low pressure/LP*) dan tekanan-temperatur tinggi (*high pressure/HP*). Dengan itu pemanfaatan *steam* yang keluar dari sistem *boiler* dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem *boiler* tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa *steam* dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri.

Sistem *boiler* terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem *steam*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam boiler. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

Boiler/ketel uap pada dasarnya terdiri dari bumbung yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel diklasifikasikan sebagai:

a. Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energi panas (*thermal energy*), yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (kalor) kepada air ketel. Api/gas asap mengalir dalam pipa sedangkan air/uap diluar pipa *drum* berfungsi untuk tempat air dan uap. Disamping itu *drum* juga sebagai tempat bidang pemanas. Bidang pemanas terletak di dalam *drum*, sehingga luas bidang pemanas yang dapat dibuat terbatas.

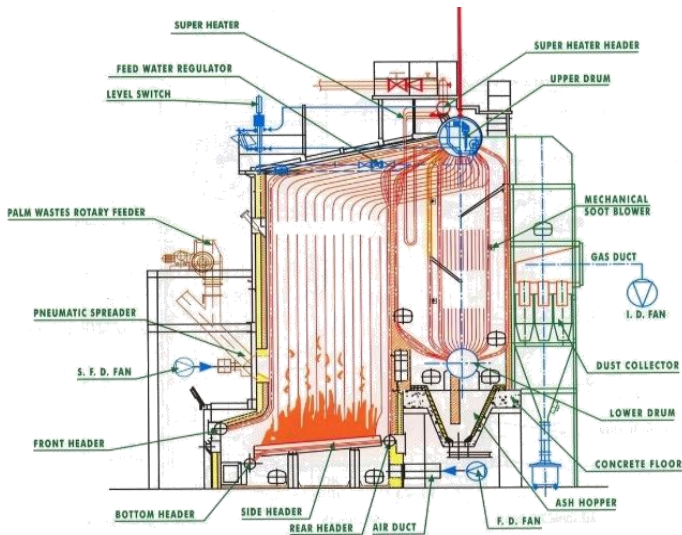


Gambar 2.4 *Boiler Fire Tube* [7]

b. Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air. Energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu ruang dapur) ke air ketel. Cara kerja *boiler* pipa air adalah proses pengapian terjadi diluar pipa. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan pipa yang berisi air. Air umpan itu sebelumnya dikondisikan terlebih dahulu melalui *ecomonizer*. Steam yang dihasilkan kemudian dikumpulkan terlebih dahulu didalam sebuah steam drum sampai sesuai. Setelah melalui tahap *secondary superheater* dan *primary superheater*, baru *steam* dilepaskan ke pipa utama distribusi. Karakteristik:

- Tingkat efisiensi panas yang dihasilkan cukup tinggi.
- Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari plant pengolahan air. Sehingga air harus dikondisikan terhadap mineral dan kandungan lain yang larut dalam air.
- *Boiler* ini digunakan untuk kebutuhan tekanan *steam* yang sangat tinggi seperti pada pembangkit tenaga [7].



Gambar 2.5 *Boiler water tube* [7]

2.3. *Steam Drum*

Steam drum merupakan bagian utama dari *boiler*. Semua uap dan air yang beroperasi pada *boiler* akan selalu melewati *steam drum*. Sebenarnya inti dari *steam drum* adalah memastikan bahwa uap yang keluar dari *steam drum* sekering mungkin dan mengembalikan uap air ke sumber panas bebas.

Steam drum terletak dibagian atas *boiler* untuk memberikan reservoir atas air yang meliputi *tube bank*. Prinsip kerja dari *steam drum* adalah air didistribusikan dari *steam drum* ke *drum* yang lebih rendah dan *header* dengan pipa yang disebut *downcomers*. Uap yang dihasilkan juga dikumpulkan dan dipisahkan dari uap air dalam *drum*. *Boiler* juga dilengkapi dengan katup pengaman untuk mengurangi tekanan yang berlebihan. Katup terletak di uap *drum* dan *outlet superheater*. Mereka dirancang untuk mengurangi

tekanan yang cukup aman untuk ketel uap pada 120% dengan katup berhenti ketel uap tertutup.



Gambar 2.6 *Steam drum dengan level glass* [8]

Steam drum adalah bagian dari *boiler* yang berfungsi untuk:

- Menampung air yang akan dipanaskan pada pipa-pipa penguap (*wall tube*) dan menampung uap air dari pipa-pipa penguap sebelum dialirkan ke *superheater*
- Memisahkan uap dan air yang telah dipisahkan di ruang bakar (*furnace*)
- Mengatur kualitas air *boiler* dengan membuang kotoran-kotoran terlarut di dalam *boiler* melalui *continuous blowdown*
- Mengatur permukaan air sehingga tidak terjadi kekurangan saat *boiler* beroperasi yang dapat menyebabkan *overheating* pada pipa *boiler*.

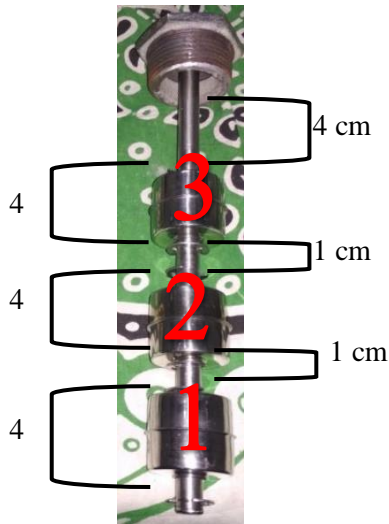
Pengaturan level air dilakukan dengan mengatur *flow control valve*. Jika level air di dalam *drum* terlalu rendah akan

menyebabkan terjadinya *overheating* pada pipa *boiler*, sedangkan bila level air dalam drum terlalu tinggi kemungkinan butir-butir air terbawa ke turbin dan akan mengakibatkan kerusakan pada turbin [8].

2.4. Level Float Switch

Switch/saklar adalah komponen elektikal untuk memberikan sinyal atau memutuskan atau menyambungkan sistem kontrol. *Switch* berupa komponen kontaktor mekanik yang digerakan karena suatu kondisi tertentu. *Switch* merupakan komponen dasar sebuah rangkaian listrik maupun rangkaian kontrol sistem. Komponen ini memiliki fungsi yang paling vital di antara komponen listrik yang lain. Pada dasarnya *switch*/saklar adalah alat yang dapat atau berfungsi menghubungkan atau memutuskan aliran listrik pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah.

Saklar level *float switch* merupakan saklar diskret untuk mengontrol level cairan di dalam tangki. Posisi level cairan dalam tangki digunakan untuk men-*trigger* perubahan kontak saklar. Posisi level *switch* ada yang horizontal dan vertikal. Pada horizontal, apabila permukaan cairan turun, pelampung juga turun, sehingga kontak berubah dari posisinya. Jika permukaan cairan naik lagi, maka pelampung naik dan kontak berubah lagi. Pada vertikal, di dalam pelampung terdapat magnet tetap, yang bergerak naik turun mengikuti tinggi permukaan cairan. Di dalam pipa bagian tengah pelampung terdapat saklar yang membuka dan menutupnya dikerjakan oleh piston bergerak mengikuti magnet tetap di dalam pelampung. *Float switch* ada dua konfigurasi, yaitu *open tank* dan *closed tank*. *Open tank* digunakan untuk tanki terbuka sehingga terbuka juga terhadap tekanan atmosfer. Sedangkan *closed tank* digunakan untuk tanki tertutup dan bertekanan [9].



Gambar 2.7 *level float switch*

Berikut adalah spesifikasi *level float switch*:

Bahan	: <i>stainless steel</i>
Panjang kabel	: 30 cm
Panjang sensor	: 200 mm
Tegangan	: maks. 220VDC
Arus	: maks. 1 A

Level float switch yang digunakan pada Tugas Akhir ini memiliki 3 bandul. Setiap bandul menunjukkan masing-masing kondisi dari level air dalam *steam drum* sebagai berikut:

- Bandul 1

Bandul 1 terangkat menunjukkan kondisi SEDANG pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai ketinggian 11 cm.

- Bandul 2

Apabila bandul 2 telah terangkat menunjukkan kondisi TINGGI pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai ketinggian 15 cm. Pada kondisi ini terjadi proses *bypass* yaitu MOV dan solenoid 1 menutup, sedangkan solenoid 2 membuka dimana air yang dipompa akan kembali ke tangki penampung.

- Bandul 3

Apabila bandul 3 telah terangkat menunjukkan kondisi BAHAYA pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai ketinggian 20 cm. Pada kondisi ini alarm akan berbunyi sebagai peringatan kepada *user*.

Keluaran *level float switch* berupa tegangan sebesar 0 volt atau 5 volt (analog). Nilai 0V atau 5V bisa dianggap digital karena tidak membutuhkan variasi tegangan lain. 0V sama dengan logic 0 dan 5V sama dengan logic 1.

2.5. *Motor Operated Valve (MOV)*

Motor Operated Valve (MOV) adalah komponen penting dari sistem *plant & piping*. Katup ini umumnya berukuran besar dan digunakan untuk aplikasi yang berbeda seperti *pump discharge*, dll. MOV sering disebut sebagai katup *on-off* karena motor melayani tujuan pembukaan penuh atau penutupan penuh dalam pipa. Misalnya, saluran air pendingin, pipa proses di mana pengendalian cairan tidak diperlukan. Katup yang dioperasikan motor dapat digunakan untuk sepenuhnya memungkinkan atau sepenuhnya menghentikan aliran fluida. Katup ini tidak digunakan untuk tujuan pelambatan karena melayani aplikasi *on-off* [10].

MOV adalah kombinasi dari dua perangkat terpisah, biasanya disediakan oleh dua produsen terpisah, yaitu:

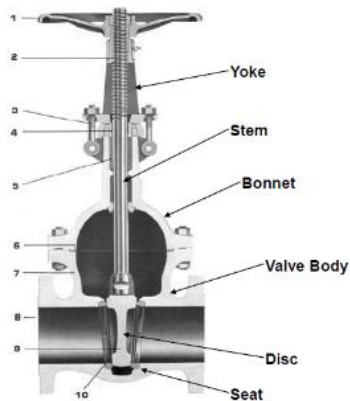
- *Valve Assembly*

perangkat mekanis untuk mengoptimalkan fungsi kontrol cairan yang diinginkan, seperti isolasi atau pelambatan.

- *Aktuator*

perangkat listrik / mekanik yang digunakan untuk memposisikan rakitan katup dari lokasi terpencil.

Bagian Utama *Valve Assembly*



Gambar 2.8 *Valve Assembly* [11]

➤ ***Rising Stem Valve***

Rising-Stem Valves adalah desain yang dioperasikan dengan mendorong atau menarik batang katup. Batang katup tidak berputar. Batang katup berulir dan dicocokkan dengan mur batang untuk mengubah output rotasi dari aktuator menjadi gerakan linier dari batang katup. Desain yang paling umum adalah gerbang dan katup globe.

➤ ***Gate Valve***

Katup gerbang digunakan untuk memulai atau menghentikan aliran, tetapi tidak dimaksudkan untuk mengatur atau mengalirkan gas. Nama "gerbang" berasal dari tampilan cakram dalam aliran aliran. Katup gerbang paling sering ditemukan dalam aplikasi isolasi aliran Digunakan pada setiap tekanan sistem

- Umum dalam diameter besar, sistem perpipaan tekanan tinggi
- Seringkali memiliki fungsi keamanan penutup seperti isolasi kontainmen atau fungsi keselamatan pembukaan seperti pendinginan teras darurat

➤ ***Globe Valve***

Globe katup dapat dipasang dengan aliran di atas atau di bawah cakram. Penutup terhadap arah aliran fluida (aliran di bawah cakram) menghalangi penutupan tetapi membantu membuka katup. Menutup pada arah yang sama dengan aliran fluida (aliran melewati piringan) membantu menutup tetapi menghalangi membuka katup. Karakteristik ini membuat katup *globe* cocok untuk aplikasi katup yang gagal-buka atau gagal-tutup.

➤ ***Quarter-Turn Valve***

Katup seperempat putaran adalah desain yang dioperasikan dengan memutar batang katup 90 derajat. Disk katup berputar dengan batang katup untuk membuka atau menutup jalur aliran. Batang katup didorong langsung oleh gerak rotasi aktuator. Desain yang paling umum adalah katup bola, konektor, dan kupu-kupu.

➤ ***Ball & Plug Valve***

Katup bola dan sumbat digunakan untuk menghentikan atau memulai aliran fluida. Nama-nama tersebut berasal dari bentuk cakram yang menyerupai bola atau steker. Dalam posisi terbuka, bola/steker menyediakan jalur aliran yang tidak terhalang melalui

katup. Dalam posisi tertutup, bola/steker diputar 90 derajat, memblokir *port* dan menghentikan aliran fluida.

➤ ***Butterfly Valve***

Katup kupu-kupu digunakan untuk menghentikan, memulai, dan mengatur aliran fluida. Batang katup memanjang sepenuhnya melalui badan katup. Disk adalah piringan datar atau sedikit melengkung yang melekat pada batang katup. Disk diputar 90 derajat tentang sumbu pada sudut kanan ke aliran fluida. Kursi biasanya berupa kursi empuk yang terbuat dari karet atau *neoprene*.

➤ ***Valve Actuator***

Aktuator mengoperasikan batang katup dan rakitan disk. Aktuator untuk rakitan katup bisa

- *handwheels* manual
- tuas manual
- operator motor
- operator pneumatik
- operator hidrolik
- solenoid

Katup kontrol bermotor dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis. Namun, harus dicatat bahwa aplikasi utama katup bermotor adalah untuk kontrol aliran dan isolasi aliran. Klasifikasi dari katup kontrol bermotor adalah sebagai berikut:

a. Katup buka/tutup

digunakan untuk mengotomatisasi katup buka buka manual. Contohnya meliputi, katup pembuangan / katup hisap pompa, katup isolasi air umpan boiler, katup lubang katup drum, katup lini produk, dll.

b. Katup inci

digunakan adalah beberapa tingkat kontrol. Contoh pembukaan dan penutupan bertahap diperlukan, aplikasi termasuk, jalur refluks, boiler memulai ventilasi, katup IBD *boiler*, katup uap utama *boiler* dll.

c. Katup aliran presisi

adalah katup perapat yang presisi. Dalam katup beringsut, motor beroperasi dalam langkah yang dikonfigurasi dalam pengontrol, misal 5%, langkah pembukaan 10%. Dalam katup aliran presisi, kontrol kontinyu dimungkinkan dengan penggunaan umpan balik yang tepat dari lapangan ke pengontrol yang biasanya tidak ditemukan di katup yang dioperasikan motor lainnya. Contohnya adalah katup injeksi uap / katup injeksi air yang digunakan dalam GT untuk kontrol Nox [11].



Gambar 2.9 MOV CWX 15N *Mini-Motorized-Valve*

2.6. Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler bisa diumpamakan sebagai bentuk minimum dari sebuah mikrokomputer. Ada perangkat keras dan ada

perangkat lunak dan juga ada memori, CPU dan lain sebagainya yang terpadu dalam satu keeping IC. Demi kebutuhan masa kini, mikrokontroler menjadi salah satu pilihan sebagai alat kontrol yang fleksibel dan mudah dibawa ke mana-mana serta dapat diprogram ulang (*programmable*). Dalam perkembangannya mikrokontroler telah mengambil peran penting dalam dunia sistem elektronika, terutama dalam aplikasi elektronika konsumen.

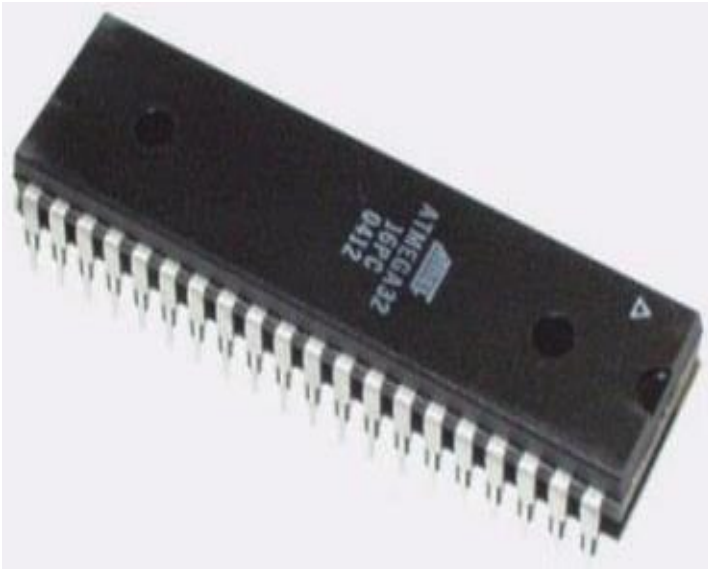
Mikrokontroler AVR ATmega32 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega32 telah dilengkapi dengan *ADC internal*, *EEPROM internal*, *Timer/Counter*, *PMW*, *analog comparator*, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega32.

Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega32 adalah sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D
- ADC internal sebanyak 8 saluran
- Tiga buah *counter/timer* dengan kemampuan perbandingan
- CPU yang terdiri atas 32 buah register
- SRAM sebesar 2 kb
- Memori flash sebesar 32 kb dengan kemampuan Read While Write
- Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz
- EEPROM sebesar 1024 yang dapat deprogram saat operasi
- Antarmuka komparator analog
- Port USART untuk komunikasi serial
- Dan lainnya.

ATmega32 memiliki 32 *general purpose register* dan *register* yang terhubung langsung dengan ALU (*Arithmetic Logic Unit*).

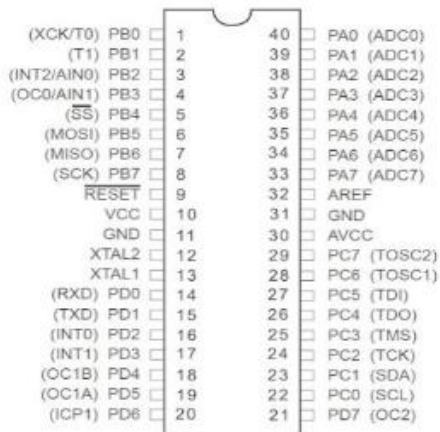
Sehingga dengan dua *register* dapat sekaligus diakses dalam satu intruksi yang dieksekusi tiap *clock*-nya. Sehingga arsitektur seperti ini lebih efisien dalam eksekusi kode program dan dapat mencapai eksekusi sepuluh kali lebih cepat dibandingkan mikrokontroler CISC (*Complete Instruction Set Computer*).



Gambar 2.10 Mikrokontroler ATmega32 [12]

Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega32

ATmega32 mempunyai 32 pin kaki yang terdapat 4 *port*. *Port-port* tersebut adalah *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*. Dimana setiap pinnya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik secara port ataupun sebagai fungsi lainnya. Gambar 2.11 menunjukkan letak pin yang terdapat di mikrokontroler ATmega32.



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega32[12]

Deskripsi Pin Mikrokontroler ATmega32

Deskripsi dari masing-masing kaki pada ATmega32 adalah sebagai berikut:

- a. **VCC**
Pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya
- b. **GND (Ground)**
Pin yang berfungsi sebagai *ground*.
- c. **Port A (PA7-PA0)**

Port A berisi 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin memiliki internal *pull-up* resistor. Output buffer port A dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port A* digunakan sebagai input dan di *pull-up* secara langsung, maka port A akan mengeluarkan arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan. Pin-pin dari port A memiliki fungsi khusus yaitu dapat berfungsi sebagai channel ADC (*Analog to Digital Converter*) sebesar 10 bit. Fungsi-fungsi khusus pin-pin *port A* dapat ditabelkan seperti berikut:

Tabel 2.1 Fungsi khusus *port A*

<i>Port</i>	<i>Alternate Function</i>
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

d. *Port B (PB7-PB0)*

Port B memiliki 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin mengandung *internal pull-up resistor*. *Output buffer port B* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port B* digunakan sebagai input dan di *pull-down* secara eksternal, *port B* akan mengalirkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan.

Pin-pin *port B* memiliki fungsi-fungsi khusus, diantaranya:

- SCK *port B*, bit 7 : input pin *clock* untuk *up/downloading memory*
- MISO *port B*, bit 6 : pin *output data* untuk *uploading memory*
- Mosi *port B*, bit 5 : pin *input data* untuk *downloading memory*.

Tabel 2.2 Fungsi khusus *port B*

<i>Port</i>	<i>Alternate Function</i>
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB6	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB5	SS (SPI Slave Select Input)

Tabel 2.2. Lanjutan.

PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>) OCO (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)
PB1	T1 (<i>Timer/Counter1 External Counter Input</i>)
PB0	T0 (<i>Timer/Counter External Counter Input</i>) XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>)

e. *Port C (PD7 – PD0)*

Port C adalah 8-bit *port I/O* yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki *internal pull-up resistor*. *Output buffer port C* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port C* digunakan sebagai *input* dan *pull-down* secara langsung, maka *port C* akan mengeluarkan arus jika *internal pull-up* diaktifkan. Fungsi-fungsi khusus pin-pin *port C* dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.3 Fungsi khusus *port C*

<i>Port</i>	<i>Alternate Function</i>
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>)
PC6	TD1 (<i>JTAG Test Data In</i>)
PC5	TD0 (<i>JTAG Test Data Out</i>)
PC3	TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>)
PC2	TCK (<i>JTAG Test Clock</i>)
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)

Tabel 2.3. Lanjutan.

PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)
-----	---

f. *Port D (PD7-PD0)*

Port D adalah 8-bit *port I/O* yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki *internal pull-up resistor*. *Output buffer port D* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port D* digunakan sebagai *input* dan di *pull-down* secara langsung, maka *port D* akan mengeluarkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan. Fungsi-fungsi khusus pin-pin *port D* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Fungsi khusus *port D*

<i>Port</i>	<i>Alternate Function</i>
PD7	OC2 (<i>Timer / Counter2 Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP1 (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD6	OCIB (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD5	TD0 (<i>JTAG Test Data Out</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)
PD6	OCIB (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)

g. RESET

Merupakan pin untuk me-*reset* mikrokontroler.

h. XTAL dan XTAL2

Merupakan pin masukan *clock* eksternal

- i. AVCC
Merupakan pin masukan tegangan untuk ADC
- j. AREFF
Merupakan pin masukan tegangan referensi AD [12]

2.7. LCD 20X4

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau tampilan elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis tampilan elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

LCD merupakan lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. LCD yang ada di pasaran terdiri dari berbagai ukuran, seperti 16x2, 16x4, dan lain-lain. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD dengan ukuran 20 x 4 yang artinya terdiri dari 20 baris dan 4 kolom. Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada LCD

dilengkapi dengan memori dan register. Bentuk fisik dari LCD 20x4 ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 LCD 20x4 [13]

Pada LCD 4x20 ini sama hal nya dengan LCD 2x16 hanya saja ukuran serta jumlah kolom dan baris. Untuk lebih jelas tentang fungsi masing-masing dari LCD 4x2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.5 Fungsi Pin pada LCD 20x4 [13]

PIN FUNCTIONS					
No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V_{SS}	GND, 0V	10	DB3	Data Bus
2	V_{DD}	+5V	11	DB4	—
3	V_{EE}	for LCD Drive	12	DB5	—
4	RS	Function Select	13	DB6	—
5	R/W	Read/Write	14	DB7	—
6	E	Enable Signal	15	LEDA	LED Power Supply
7-9	DB0-DB2	Data Bus Line	16	LEDA	

Fungsi Pin LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pada LCD terdiri dari pin- pin sebagai berikut:

- DB0 – DB7 adalah jalur data (*data bus*) yang berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan dan menerima data atau instruksi dari mikrokontroler ke modul LCD.
- RS adalah pin yang berfungsi sebagai selektor register (*register select*) yaitu dengan memberikan logika *low* (0) sebagai register perintah dan logika *high* (1) sebagai register data.
- R/W adalah pin yang berfungsi untuk menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7 yaitu dengan memberikan logika *low* (0) untuk fungsi *read* dan logika *high* (1) untuk *mode write*.
- *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable Clock* LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data [13].

2.8. *Sight Glass*

Sight Glass adalah sebuah alat yang digunakan untuk melihat tingkatan/tekanan cairan/gas yang berada didalam system, atau untuk melihat apa yang sedang terjadi dalam system. *Sight Glass* terpakai di banyak peralatan yang berbeda-beda. *Sight glass* bisa dilepas/ganti jika rusak. *Sight Glass* bisa juga digunakan sebagai monitor tekanan, untuk keamanan kacanya didesain kuat, dan beradaptasi untuk meminimalkan resiko meledak.

Melihat melalui kaca sangat berguna dan relatif lebih aman. Sebagai contoh, banyak alat pemanas yang digerakkan dengan gas, minyak, dan bahan bakar lainnya memiliki kaca pandang yang bisa digunakan untuk melihat dan memastikan bahwa semua pemanas

bekerja. *Sight glass* berupa kaca dengan kekuatan yang tepat digunakan untuk mengurangi resiko kerusakan atau retak [14].



Gambar 2.13 *Sight Glass* [14]

2.9. Pengukuran dan Kesalahan

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran dengan besaran sejenis yang ditetapkan sebagai satuan. Hasil pengukuran merupakan taksiran nilai besaran ukur, maka setiap hasil pengukuran selalu mengandung kesalahan (*error*). Istilah-istilah dalam pengukuran adalah sebagai berikut:

- Ketelitian (presisi)

Adalah derajat kepastian hasil suatu pengukuran. Presisi bergantung pada alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran. Semakin kecil pembagian skala suatu alat semakin teliti hasil pengukuran tersebut.

- Ketepatan (*accuracy*)

Adalah menunjukkan seberapa tepat hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya. Untuk mengecek akurasi pengukuran adalah dengan cara membandingkan terhadap nilai standar yang ditetapkan.

- Sensifitas (kepekaan)

Adalah rasio antara perubahan pada *output* terhadap perubahan pada *input*. Pada alat ukur linier, sensitivitas adalah tetap. Harga sensitivitas yang besar menyatakan keunggulan dari alat ukur yang bersangkutan.

- Resolusi

Adalah nilai perubahan terkecil yang dapat dirasakan oleh alat ukur ketika mengukur suatu besaran. Harga resolusi sering dinyatakan pula dalam persen skalan penuh.

Hasil pengukuran merupakan taksiran nilai besaran ukur, maka setiap hasil pengukuran selalu mengandung kesalahan (*error*). Kesalahan pengukuran (*error*) adalah perbedaan hasil pengukuran dengan hasil yang diharapkan [15].

Kesalahan

Kesalahan (*error*) didefinisikan sebagai selisih antara nilai sebenarnya dan nilai hasil pengukuran dengan persamaan:

$$e_t = x_t - x_a \quad (2.1)$$

Dimana,

e_t : kesalahan pengukuran

x_t : nilai sebenarnya (*true value*)

x_a : nilai pengukuran atau nilai pendekatan (aproksimasi)

Kesalahan dapat bernilai positif dan dapat pula bernilai negatif. Kesalahan akan bernilai negatif apabila nilai pengukuran lebih besar dari nilai sebenarnya.

Kesalahan Relatif

Kesalahan relatif (*relatif error*) didefinisikan sebagai kesalahan dibagi dengan nilai sebenarnya:

$$e_r = \frac{e_t}{x_t} \quad (2.2)$$

Dimana,

e_r : kesalahan relatif

e_t : nilai kesalahan

x_t : nilai sebenarnya

Presentase Kesalahan Relatif

Presentase kesalahan relatif didefinisikan sebagai kesalahan relatif dikalikan 100%:

$$pe_r = \frac{e_t}{x_t} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana,

pe_r : prosentase kesalahan relatif

e_t : nilai kesalahan

x_t : nilai sebenarnya [16]

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Otomasi Level pada *Steam Drum Boiler* di *Mini Plant Steam Engine* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap” adalah sebagai berikut:

a. Pompa Diafragma

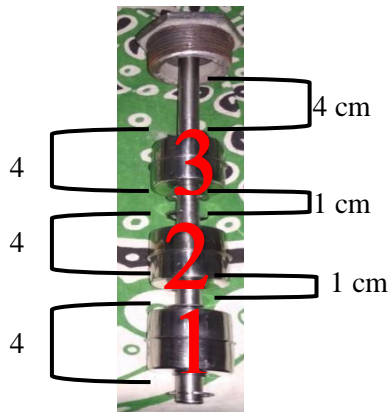


Gambar 3.1 Pompa Diafragma

Pada *plant* Tugas Akhir digunakan pompa jenis diafragma. Pompa diafragma mentransfer energi dari penggerak ke cairan melalui batang penggerak yang bergerak bolak-balik untuk menggerakkan diafragma sehingga timbul isapan dan penekanan

secara bergantian antara katup isap dan katup tutup. Pompa ini umumnya untuk kapasitas kecil dipakai untuk aliran jernih atau yang mengandung padatan misalnya bubur kertas kental, air selokan bahkan campuran air dan pasir. Pompa jenis ini kemungkinan tersumbatnya kecil dan tahan terhadap korosi oleh bahan – bahan kimia yang dipompanya, dikarenakan bahan yang berhubung langsung berupa difragma.

b. *Level Float Switch*



Gambar 3.2 *Level float switch*

Level float switch yang digunakan pada Tugas Akhir ini memiliki 3 bandul. Setiap bandul menunjukkan masing-masing kondisi dari level air dalam *steam drum* sebagai berikut:

- Bandul 1

Bandul 1 terangkat menunjukkan kondisi SEDANG pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai ketinggian 11 cm.

- Bandul 2

Apabila bandul 2 telah terangkat menunjukkan kondisi TINGGI pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai

ketinggian 15 cm. Pada kondisi ini terjadi proses *bypass* yaitu MOV dan solenoid 1 menutup, sedangkan solenoid 2 membuka dimana air yang dipompa akan kembali ke tangki penampung.

- Bandul 3

Apabila bandul 3 telah terangkat menunjukkan kondisi BAHAYA pada LCD yaitu kondisi dimana level air mencapai ketinggian 20 cm. Pada kondisi ini alarm akan berbunyi sebagai peringatan kepada *user*.

Keluaran *level float switch* berupa tegangan sebesar 0 volt atau 5 volt (analog). Nilai 0V atau 5V bisa dianggap digital karena tidak membutuhkan variasi tegangan lain. 0V sama dengan logic 0 dan 5V sama dengan logic 1.

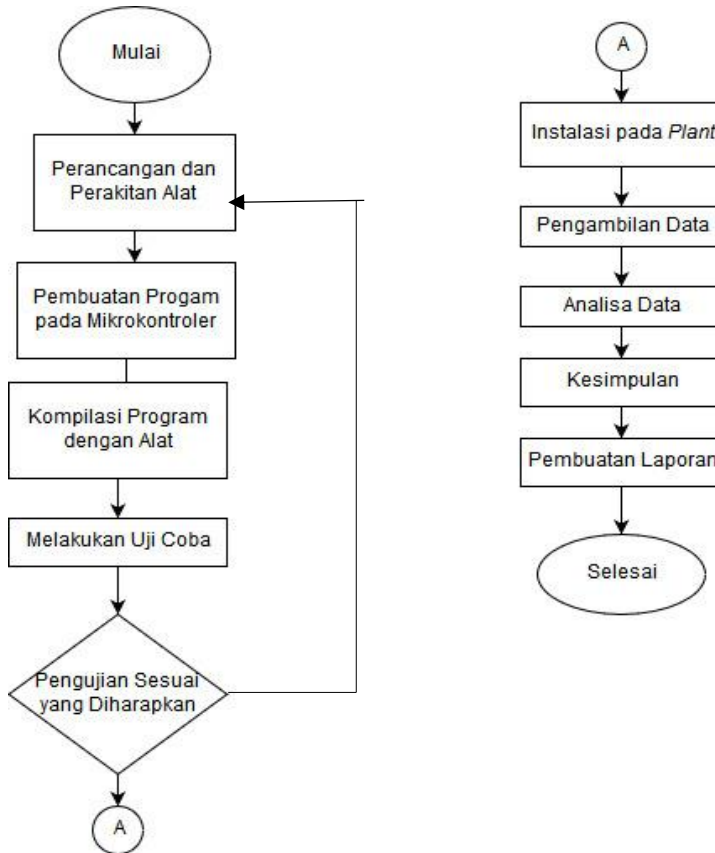
c. MOV (*Motor Operated Valve*)



Gambar 3.3 MOV CWX 15N Mini-Motorized-Valve

3.2. Prosedur Percobaan

Langkah-langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.4 berikut ini:



Gambar 3.4 Diagram Alir

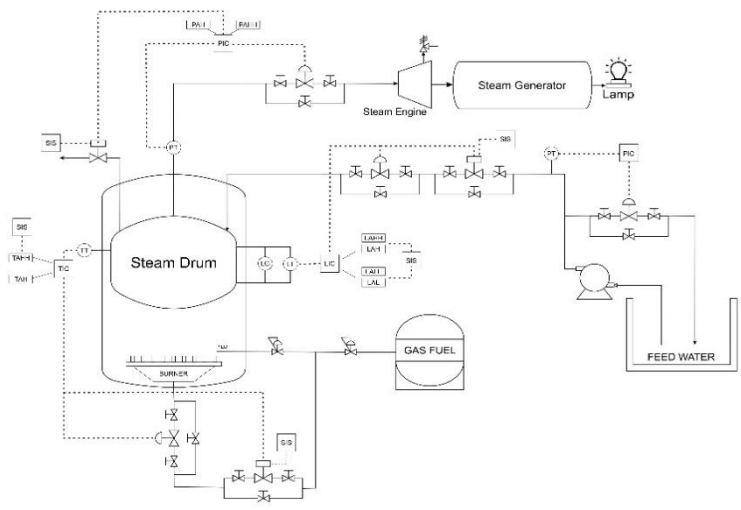
Dengan adanya skema diagram alir mengenai “Rancang Bangun Sistem Otomasi Level pada *Steam Drum Boiler* di Mini Plant *Steam Engine* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap” yang telah digambarkan, maka adapun penjelasan pada setiap langkah-langkah yang telah digambarkan adalah sebagai berikut:

3.2.1. Perancangan dan Perakitan Alat

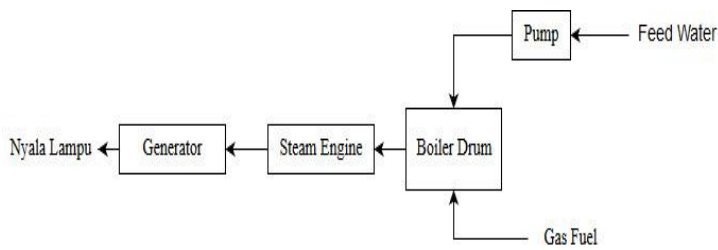
Pada Tugas Akhir ini sensor yang digunakan dalam mengotomatisasi level air pada *steam drum* menggunakan sensor *level float switch*. Sensor *level float switch* digunakan untuk kegiatan *sensing* pada *steam drum* dengan tujuan mempertahankan ketinggian air.

Saklar level atau sensor *level float switch* merupakan saklar diskret yang digunakan untuk mengontrol level permukaan cairan di dalam tangki. Posisi level cairan dalam tangki digunakan untuk menggerakkan perubahan kontak saklar. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan sensor *level float switch* posisi vertikal. Pada posisi vertikal, di dalam pelampung terdapat magnet tetap, yang bergerak naik turun mengikuti tinggi permukaan cairan. Di dalam pipa bagian tengah pelampung terdapat saklar yang membuka dan menutupnya dikerjakan oleh piston yang bergerak mengikuti magnet tetap di dalam pelampung.

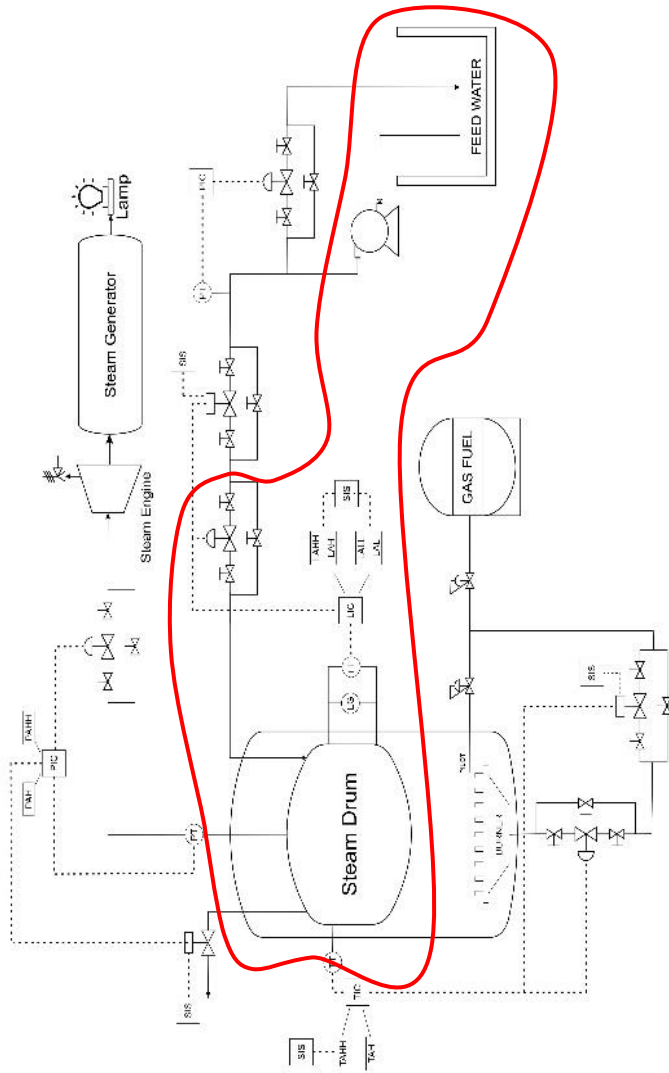
Pada gambar 3.2 merupakan gambar P&ID dari *mini plant steam engine*. Terdapat 3 sistem kontrol pada plant tersebut. Ketiga sistem kontrol tersebut meliputi 1 sistem otomasi level, 1 sistem pengendalian temperatur, dan 1 sistem pengendalian *pressure*. Proses dimulai dengan fluida dialirkan ke dalam *steam drum*. Saat ketinggian fluida dalam *steam drum* mencapai *set point*, valve akan menutup sedangkan pada saat level kurang dari *set point*, valve akan membuka. Pembakaran pada *boiler* akan menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu tertentu, uap tersebut akan mengalir menuju *steam engine*.



Gambar 3.5 P&ID Mini Plant Steam Engine

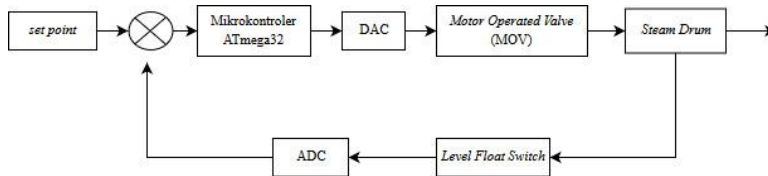


Gambar 3.6 BFD Mini Plant Steam Engine



Gambar 3.7 P&ID Sistem Otomasi Level

Pada gambar 3.7 merupakan gambar P&ID dari sistem otomasi level yang ada pada *mini plant steam engine*.



Gambar 3.8 Diagram Blok Otomasi Level

Gambar 3.8 merupakan diagram blok sistem otomasi level pada *mini plant steam engine*. Mikrokontroler ATmega 32 sebagai kontroler. MOV sebagai aktuator, sedangkan *steam drum* sebagai tempat proses. Sensor yang digunakan pada otomasi level tersebut adalah sensor *level float switch*.

Air dalam *steam drum* ketika mencapai batas *set point* akan mengenai sensor *level float switch*. Kemudian sensor *level float switch* akan mengirimkan data ke mikrokontroler ATmega 32. Lalu mikrokontroler mengirimkan ke LCD untuk menampilkan display level air pada *steam drum*. Digunakan set point 15 cm untuk menutup valve. Jadi, ketika level air pada *steam drum* mencapai 15 cm atau lebih, valve akan menutup. Dan apabila level air kurang dari 15 cm, valve akan membuka.

3.2.2. Pembuatan Program pada Mikrokontroler

Pembuatan program pada mikrokontroler dibuat pada *software CodeVision AVR*. Sistem pengendalian level pada *steam drum* ini menggunakan sensor *level float switch*. Sensor *level float switch* tersebut berfungsi untuk mendeteksi level air yang ada pada *steam drum*.

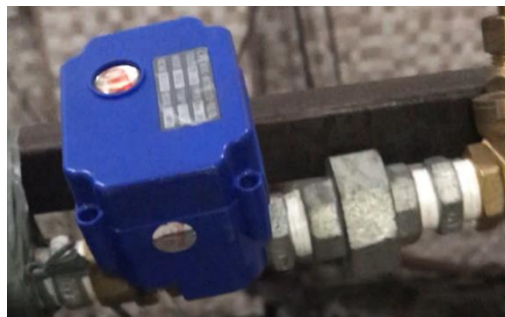
a. Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* merupakan konfigurasi dari sensor *level float switch* yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega 32.



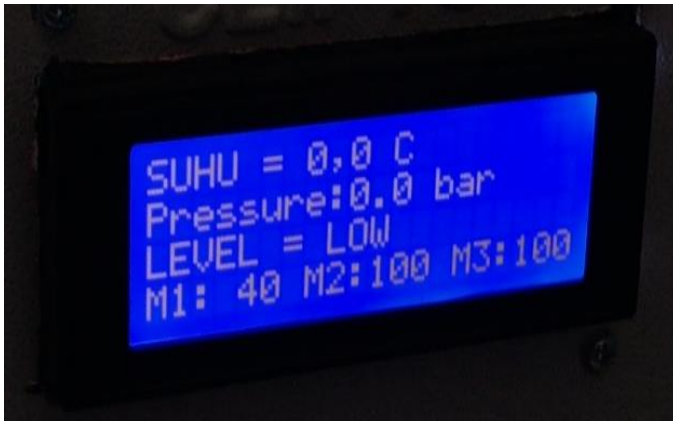
Gambar 3.9 Konfigurasi *Level Float Switch*

Pada gambar 3.10 merupakan konfigurasi aktuator MOV dengan mikrokontroler ATmega 32 dan *power supply* 12V DC. Keluaran dari mikrokontroler ATmega 32 sebesar 5V DC. Pin data MOV dihubungkan dengan mikrokontroler ATmega 32 dan pin ground serta vcc motor DC dihubungkan pada power supply 12V DC. Setelah konfigurasi dari aktuator selesai, kemudian mengintegrasikan semua komponen.



Gambar 3.10 Konfigurasi MOV

Pada gambar 3.11 merupakan konfigurasi rangkaian LCD 20x4. LCD berfungsi untuk menampilkan suatu karakter huruf maupun angka. LCD 20x4 mempunyai tampilan 20 kolom dan 4 baris. Perancangan rangkaian LCD digunakan untuk menampilkan nilai ketinggian air pada *steam drum*. Digunakan mikrokontroler ATmega 32 untuk mengkoneksikan LCD 20x4.



Gambar 3.11 Konfigurasi Tampilan LCD

b. Perancangan *Firmware*

Firmware adalah read-only OS yang mana bersifat tetap dan pengguna tidak memiliki akses untuk memodifikasi data. Pada perancangan *firmware*, *software* yang digunakan untuk membuat program pada mikrokontroler ATmega 32 adalah CodeVision AVR. *Listing program* atau koding dibuat untuk mengolah data yang telah dibaca oleh sensor *level float switch* untuk ditampilkan ke LCD 20x4. Gambar 3.13 ini merupakan cuplikan dari listing program untuk instruksi mikrokontroler ATmega32 pada tugas akhir ini.

```

void read_level(){
    if(read_adcFs_down > 500)        level_down = 1;    else level_down = 0;
    if(read_adcFs_up > 500)          level_up = 1;      else level_up = 0;
    if(read_adcFs_danger > 500)      level_danger = 1;  else level_danger = 0;

    if(level_danger == 1 && level_up == 1 && level_down == 1){
        level = 'D';
        delay_ms(500);
        s_water_inlet = 1;          //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(500);
        s_water_outlet = 0;         //SOLENOID ON
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = BAHAYA   ");
        buzzer = 1;
    }else if(mov2_deg > 20){
        if(suhu < 125){
            buzzer = 0;
        }
        level = 'A';
        s_water_inlet = 0;          //SOLENOID OPEN
        s_water_outlet = 1;         //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(100);
    }

    if(level_up == 1 && level_down == 1){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = TINGGI   ");
        if(mov2_deg > 0){
            mov_water(1);          //MOV CLOSE
            mov_water(3);
        }
        if(mov2_deg <= 0){
            mov_water(3);          //MOV NO OPERATION
            s_water_outlet = 0;
        }else{
            s_water_outlet = 1;
        }
    }else if(level_down == 0){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = RENDAH   ");
        if(mov2_deg < 100){
            mov_water(2);          //MOV OPEN
            mov_water(3);
        }
        if(mov2_deg >= 100){
            mov_water(3);          //MOV NO OPERATION
        }
    }

    }else if(level_down == 1){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = SEDANG   ");
        s_water_outlet = 1;
        s_water_inlet = 0;
        if(mov2_deg > 50){
            mov_water(1);          //MOV CLOSE
            mov_water(3);
        }if(mov2_deg < 50){
            mov_water(2);          //MOV OPEN
            mov_water(3);
        }
        if(mov2_deg == 50){
            mov_water(3);          //MOV NO OPERATION
        }
    }
}
}

```

Gambar 3.12 Listing Program Atmega 32 pada CVAVR

Setelah program yang dibuat pada *software* CodeVision AVR sudah sesuai dengan aksi yang terjadi pada *plant*, sistem pengendalian level ini kemudian dibuat tampilan data di sebuah *personal computer* (PC). Selain itu data disimpan secara *real time*.

3.2.3. Kompilasi Program dengan Alat

Setelah perancangan dan perakitan alat dan pembuatan program dilakukan kompilasi atau penggabungan program dengan alat yang sudah tertata dan terpasang. Dalam kompilasi program dengan alat ini akan diketahui apakah program dapat menjalankan alat atau tidak.

3.2.4. Uji Coba

Pada rancang bangun *steam engine* dilakukan percobaan sederhana yaitu dengan menyalakan kompor untuk memanaskan air yang uapnya digunakan untuk menggerakkan piston. Sistem otomasi level pada *steam drum* menggunakan sensor *level float swith* yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air dalam *steam drum*. Apabila ketinggian air belum mencapai *set point* maka aktuator berupa MOV akan membuka sesuai kehendak, sehingga air dari *storage* akan mengalir. Kemudian apabila ketinggian air sudah mencapai *set point*, aktuator akan menutup sesuai kehendak. Apabila semua rancang bangun pada *steam engine* dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data.

3.2.5. Instalasi pada *plant*

Instalasi pada *plant* adalah proses pemasangan alat-alat yang telah dirancang dan sudah dipersiapkan. Alat-alat tersebut akan dirakit sedemikian rupa sehingga terbentuk suatu *plant* yang diinginkan.

3.2.6 Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data akan dilakukan tes keluaran voltase dari sensor *level float switch* dan juga bukaan *mov* pada kondisi-kondisi yang telah ditentukan, yaitu sedang, tinggi, dan bahaya.

3.2.7 Analisa Data

Setelah dilakukan pengambilan data, data dianalisa dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem otomasi.

3.2.8 Kesimpulan

Setelah data selesai dianalisa, dibuatlah kesimpulan dari data-data yang telah didapat sehingga pembaca dapat mengetahui inti dari sistem otomasi level pada *mini plant steam engine*.

3.2.9 Pembuatan Laporan

Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan sistem otomasi level pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine* dibuat maka pengujian baik dari *hardware*, *controlling*, dan *firmware* perlu dilakukan. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data-data dari alat yang dirancang guna mengetahui spesifikasi serta performansi dari alat secara keseluruhan dan seberapa besar *error* atau kesalahan yang terjadi pada alat berdasarkan respon sistem dari nilai *set point* yang diberikan.

Pada otomasi level *steam drum*, sensor *level float switch* digunakan untuk mengukur ketinggian air pada *steam drum*. Hasil koreksi, pengukuran, serta perhitungan oleh kontroler akan memberi perintah berupa eksekusi bagi MOV sebagai aktuator untuk membuka atau menutup *valve* dalam sistem otomasi level.

Berikut merupakan hasil perancangan sistem otomasi level *steam drum boiler* pada *mini plant steam engine* berbasis *microcontroller* ATmega 32.



Gambar 4.1 Sistem Otomasi Level pada *Mini Plant Steam Engine*

Pada proses otomasi level air pada tangki *steam engine* ini menggunakan 1 buah sensor. Sensor yang digunakan pada proses otomasi ini adalah sensor *level float switch* dimana sensor ini mempunyai tiga kondisi yaitu sedang, tinggi, dan bahaya.

4.1 Data Hasil Pengujian

Berikut merupakan data hasil pengujian dari sistem otomasi level pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine*:

4.1.1. Pengujian Sensor Level Float Switch

Untuk mengetahui keakuratan dari sensor *level float switch* yang digunakan pada sistem, perlu adanya sebuah uji coba pada sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan penggaris sebagai acuan standar dengan satuan cm.

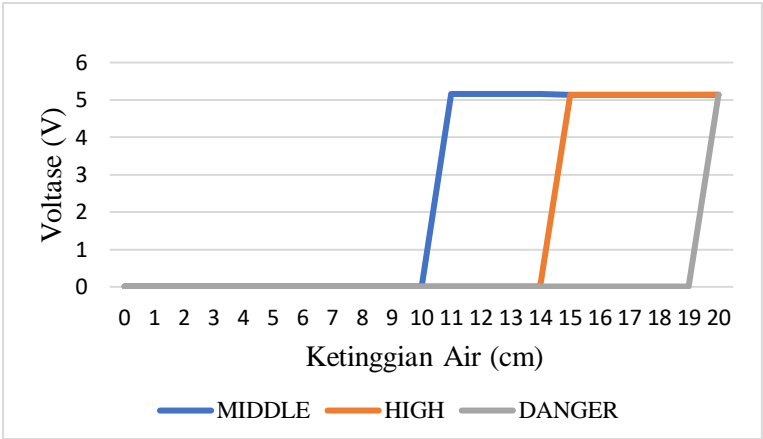
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor *Level Float Switch*

Level (cm)	Voltase (V)			Status Level
	Sedang	Tinggi	Bahaya	
0	0.01	0.01	0.01	RENDAH
1	0.01	0.01	0.01	RENDAH
2	0.01	0.01	0.01	RENDAH
3	0.01	0.01	0.01	RENDAH
4	0.01	0.01	0.01	RENDAH
5	0.01	0.01	0.01	RENDAH
6	0.01	0.01	0.01	RENDAH
7	0.01	0.01	0.01	RENDAH
8	0.01	0.01	0.01	RENDAH
9	0.01	0.01	0.01	RENDAH
10	0.01	0.01	0.01	RENDAH
11	5.16	0.01	0.01	SEDANG
12	5.16	0.01	0.01	SEDANG

Tabel 4.1. Lanjutan.

13	5.16	0.01	0.01	SEDANG
14	5.16	0.01	0.01	SEDANG
15	5.13	5.13	0.01	TINGGI
16	5.13	5.13	0.01	TINGGI
17	5.13	5.13	0.01	TINGGI
18	5.13	5.13	0.01	TINGGI
19	5.13	5.13	0.01	TINGGI
20	5.14	5.14	5.14	BAHAYA

Pada tabel 4.1 dapat diketahui perubahan tiap keluaran nilai tegangan *level float switch* ketika kondisi sedang, tinggi, dan bahaya. Sedang adalah kondisi dimana bandul pertama/paling bawah *level float switch* telah terangkat atau tersentuh air. Ketika *level float switch* pada kondisi sedang atau belum memenuhi *set point*, maka keluaran nilai voltasenya sebesar 5,16 volt atau setinggi 11 cm. Tinggi adalah kondisi dimana bandul kedua/tengah *level float switch* telah terangkat atau tersentuh air. Ketika *level switch* pada kondisi tinggi atau telah mencapai *set point*, maka keluaran nilai voltase sebesar 5.13 volt sesuai dengan besar sumber yang digunakan dengan tinggi air sebesar 15 cm. Kondisi bahaya adalah kondisi dimana bandul ketiga/teratas *level float switch* telah terangkat atau tersentuh air. Ketika *level switch* pada kondisi bahaya atau telah melebihi batas toleransi maksimal dalam *steam drum*, maka keluaran nilai voltase sebesar 5.14 volt dengan tinggi air pada 20 cm. Saat kondisi bahaya, solenoid valve kedua akan membuka untuk melakukan *bypass*. Sehingga air dalam *steam drum* tidak mengalir keluar menuju turbin.



Gambar 4.2 Grafik nilai voltase sensor *level float switch*

4.1.2. Pengujian Sistem Otomasi Level

Proses sistem otomasi level pada *steam drum* dapat dikatakan berjalan dengan baik ketika respon aktuator sesuai dengan data yang diberikan oleh sensor. Berikut merupakan hasil pengujian sistem otomasi level di *steam drum*.

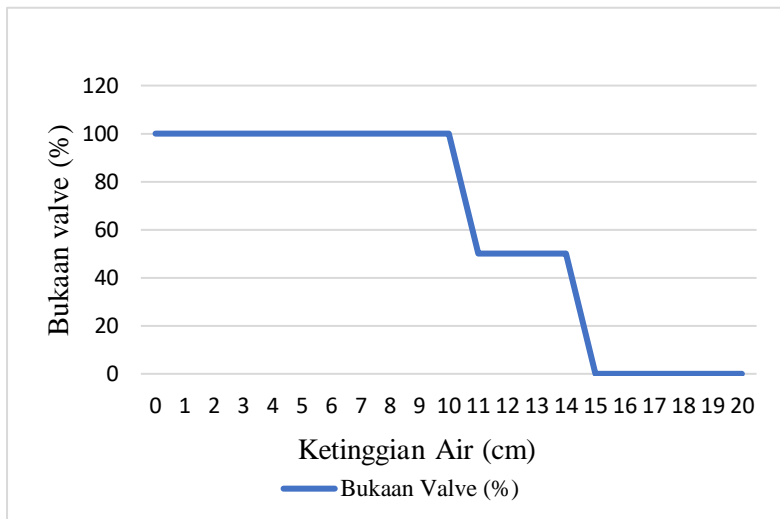
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Aktuator

Level (cm)	Bukaan Valve (%)	Status Level
0	100	RENDAH
1	100	RENDAH
2	100	RENDAH
3	100	RENDAH
4	100	RENDAH
5	100	RENDAH
6	100	RENDAH
7	100	RENDAH

Tabel 4.2. Lanjutan.

8	100	RENDAH
9	100	RENDAH
10	100	RENDAH
11	50	SEDANG
12	50	SEDANG
13	50	SEDANG
14	50	SEDANG
15	0	TINGGI

Dari tabel tersebut, diperoleh grafik hubungan antara pembacaan *level* permukaan air dengan aktuator. Adapun grafik tersebut seperti berikut ini:

**Gambar 4.3** Grafik Tanggapan Aktuator

Pada gambar 4.3 diketahui bahwa ketika level belum mencapai ketinggian 11 cm (kondisi rendah) dan belum menyentuh

bandul pertama dari *level float switch*, maka aktuator membuka 100% dan ketika sudah mencapai 11 cm (kondisi sedang) aktuator akan membuka sebesar 50%. Aktuator akan membuka 50% sampai mencapai *set point* yaitu 15 cm (kondisi level tinggi) maka aktuator akan membuka 0%. Ketika telah mencapai *set point*, solenoid valve kedua akan membuka untuk melakukan *bypass* (air dari pompa dikembalikan lagi ke tandon air).

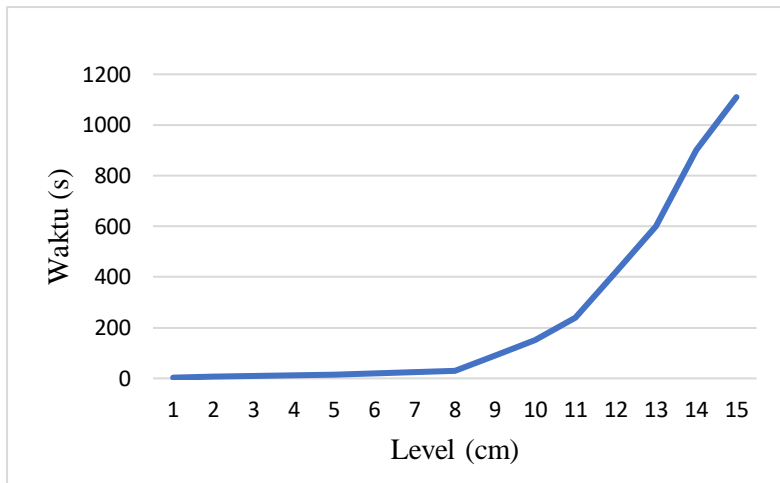
Tabel 4.3 Data Pengujian Otomasi Level

Level (cm)	Bukaan Valve (%)	Kondisi		Status Level	Waktu (s)
		SEDANG	TINGGI		
0	100	on	off	RENDAH	0
1	100	on	off	RENDAH	3
2	100	on	off	RENDAH	6
3	100	on	off	RENDAH	9
4	100	on	off	RENDAH	13
5	100	on	off	RENDAH	15
6	100	on	off	RENDAH	20
7	100	on	off	RENDAH	25
8	100	on	off	RENDAH	30
9	100	on	off	RENDAH	90
10	100	on	off	RENDAH	150
11	50	on	off	SEDANG	240
12	50	on	off	SEDANG	420
13	50	on	off	SEDANG	600
14	50	on	off	SEDANG	900

Tabel 4.3. Lanjutan

15	0	off	on	TINGGI	1110
----	---	-----	----	--------	------

Dari tabel 4.3 diperoleh bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* setinggi 15 cm dengan kondisi level yang ditunjukkan tinggi adalah 1110 sekon atau 18 menit lebih 30 sekon. Dan berikut merupakan grafik pengujian otomasi level:

**Gambar 4.4** Grafik Pengujian Otomasi Level**Tabel 4.4** Ketelitian Pengukuran Sistem

Level Acuan (cm)	Level di <i>Sight Glass</i> (cm)	Status Level	Error (%)	Waktu (s)
0	0	RENDAH	-	0
1	1	RENDAH	0	3
2	2	RENDAH	0	6
3	3	RENDAH	0	9
4	4	RENDAH	0	13
5	5	RENDAH	0	15

Tabel 4.4. Lanjutan.

6	6	RENDAH	0	20
7	7	RENDAH	0	25
8	8	RENDAH	0	30
9	9	RENDAH	0	90
10	10	RENDAH	0	150
11	11	SEDANG	0	240
12	12	SEDANG	0	420
13	13	SEDANG	0.035714	600
14	14.5	SEDANG	0	900
15	15	TINGGI	0	1110
16	16	TINGGI	0	1140
17	17	TINGGI	0	1170
18	18	TINGGI	0	1200
19	19	TINGGI	0	1230
20	20	BAHAYA	0	1260

Error pengukuran dari tabel 4.4 didapat dari persamaan 2.3. Tabel 4.4 bertujuan untuk membandingkan ketinggian air sebenarnya dalam *steam drum* dengan hasil pembacaan pada *sight glass*. Pada hasil tersebut dapat dilihat bahwa sistem otomasi level pada plant ini cukup baik walaupun terdapat sedikit selisih pembacaan sebesar 0.035714.

4.3. Pembahasan

Pada tugas akhir ini telah dirancang sistem otomasi *level* pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine*. Sistem otomasi *level* bertujuan untuk menjaga ketinggian air pada *steam drum*. Sensor yang digunakan adalah sensor *level float switch*. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega32 sebagai kontroler, MOV CWX 15N *Mini-Motorized-Valve*, dan sensor *level float switch*. Sistem otomasi tersebut memberikan aksi pada MOV untuk membuka dan menutup *valve* dengan *set point* 15 cm untuk menutup *valve*.

Pada pengujian sensor level *float switch* pada tabel 4.1 diperoleh hasil bahwa dalam kondisi sedang atau saat bandul pertama level *float switch* telah tersentuh air dengan ketinggian mencapai 11 cm mengeluarkan tegangan sebesar 5,16 volt. Pada pengujian kondisi sedang dilakukan dengan cara menyambungkan kabel avo meter dengan kabel sensor pada panel box. Kabel positif avo meter tersambung dengan terminal sensor kondisi sedang di panel box, sedangkan kabel negatif avo meter tersambung dengan terminal GND di panel box. Dalam kondisi tinggi atau saat bandul kedua level *float switch* telah tersentuh oleh air dengan ketinggian mencapai 15 cm mengeluarkan tegangan sebesar 5.13 volt. Pada pengujian kondisi tinggi dilakukan dengan cara menyambungkan kabel positif avo meter dengan terminal sensor kondisi tinggi di panel box, sedangkan kabel negatif avo meter tersambung dengan terminal GND di panel box. Untuk kondisi bahaya atau saat bandul ketiga level *float switch* telah tersentuh air dengan ketinggian mencapai 20 cm mengeluarkan tegangan sebesar 5.14 volt. Pada pengujian kondisi bahaya dilakukan dengan cara menyambungkan kabel positif avo meter dengan terminal sensor kondisi bahaya di panel box, sedangkan kabel negatif avo meter tersambung dengan terminal GND di panel box. Sinyal keluaran dari *level float switch* tersebut yang berupa tegangan sebesar $\pm 5,14$ volt sesuai dengan sumbernya sehingga dengan mudah dibaca sebagai data *digital* bagi kontroler.

Adapun tanggapan dari MOV sebagai aktuator diatur menggunakan sistem kontrol dengan dua kondisi berupa mode kontrol *on-off*, sehingga respon sistem pada proses di *plant* mengalami penurunan *level* permukaan air yang relatif cepat. Pada tabel 4.2 telah diketahui bahwa pada ketinggian air 0 cm sampai dengan 10 cm, bukaan MOV sebesar 100% atau buka penuh. Pada kondisi level sedang dengan ketinggian air mencapai 11 cm, bukaan MOV sebesar 50% atau buka setengah. Bukaan MOV sebesar 50% ini bertujuan untuk menghindari kondisi dimana air yang sudah mendidih akan cepat menguap yang berakibat air dalam *steam drum* akan cepat habis. Kondisi ini berbahaya karena

dapat menyebabkan *overheating* pada *steam drum* akibat pemanasan konstan dan apabila dibiarkan akan menimbulkan ledakan. Bukaan MOV akan menutup sebesar 0% atau tutup penuh pada ketinggian air mencapai 15 cm.

Pengujian dengan hasil pada tabel 4.3 terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* adalah 1110 sekon atau 18 menit lebih 30 sekon. Dan pada pembacaan *sight glass* terbaca 14,5 cm yang mana pembacaan tersebut selisih 0,5 cm dengan *set point*. Dari selisih pembacaan tersebut diperoleh eror sebesar 0.035714.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pembuatan sistem otomasi *level* pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Dibuat rancang bangun sistem otomasi *level* pada *steam drum boiler* di *mini plant steam engine*, dengan adanya sistem tersebut maka air yang masuk pada *steam drum* dapat dijaga ketinggiannya.
- Dilakukan pengambilan data pengujian sensor *level float switch*, aktuador, dan otomasi *level*. Pada pengujian sensor *level float switch* dapat dilihat bahwa keluaran tegangan yang dihasilkan pada kondisi-kondisi tertentu yang telah ditentukan (sedang, tinggi, dan bahaya). Keluaran tegangan sebesar 0V dan 5V. Pada pengujian aktuatur, dapat diketahui bukaan valve dari MOV pada kondisi sedang, tinggi, dan bahaya. Bukaan valve sebesar 0% (tinggi), 50% (sedang), dan 100% (rendah). Pada pengujian otomasi *level*, dapat dilihat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* setinggi 15 cm adalah 1110 sekon atau 18 menit lebih 30 sekon dan eror sebesar 0.035714.
- Dengan dibuatnya sistem otomasi *level* pada *steam drum* dapat meminimalisir kelebihan air (*carry over*) ke turbin dan juga meminimalisir *overheating* saat kekurangan air pada *steam drum*. *Carry over* dapat menyebabkan kerusakan pada turbin. Sedangkan *overheating* pada *steam drum* menyebabkan *pressure* naik dan memungkinkan terjadinya ledakan.

2.1. Saran

Dari hasil perancangan dan pembuatan sistem ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu pembuatan desain lebih diperhatikan sehingga tidak terjadi kebocoran dan pemberian pelindung pada *panel box*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Wisudana, “Rancang Bangun Sistem pengendalian Level Unit Storage Tank A pada Simulator Mixing Process,” 2011.
- [2] A. Margiantono and A. K. Nugroho, “Pengendalian Tinggi Permukaan Cairan Berbasis Fuzzy,” *Transformatika*, vol. 6, no. 1, pp. 26–38, 2008.
- [3] W. D. Rikoyan and F. A. Iskandariato, “PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL PADA STEAM DRUM BOILER BERBASIS ANFIS GAIN SCHEDULING PID DI PT . PJB UP GRESIK Pengendali Proporsional (P),” pp. 1–3.
- [4] Pranoto et al, “Makalah Pompa Diafragma,” 2016.
- [5] Proses Industri, “Jenis-Jenis Pompa Berdasarkan Cara Kerjanya Mengalirkan Fluida - Proses Industri.” [Online]. Available: <https://www.prosesindustri.com/2014/12/jenis-jenis-pompa-berdasarkan-cara-kerjanya-mengalirkan-fluida.html>. [Accessed: 26-Jul-2018].
- [6] Fajri Saputra, “Klasifikasi Pompa Berdasarkan Prinsip Operasinya.” 2012.
- [7] T. Akhir and J. T. Mesin, “Perawatan pompa torak tenaga kincir air,” 2017.
- [8] U. S. Utara, “Boiler,” pp. 5–18, 2008.
- [9] B. Permana, “Steam Drum.” 2011.
- [10] B. A. B. Ii and T. Pustaka, “switch,” pp. 7–43.
- [11] EnggCyclopedia, “Motor Operated Valve.” [Online]. Available: <http://www.enggcyclopedia.com/2012/05/motor-operated-valve/>. [Accessed: 25-Jul-2018].
- [12] Idaho State University, “NRC MOV Course,” *ONDACorp.com*.
- [13] R. Pasaribu, “ATMega32.” .
- [14] Politeknik Negeri Sriwijaya, “Mikrokontroler,” pp. 5–26, 2008.

- [15] Prima Tech, "Level Gauge/ Sight Glass," 2005. [Online]. Available: <http://www.prima-tech.co.id/hitelfi/66-apa-itu-sightglass>. [Accessed: 25-Jul-2018].
- [16] S. Patabang, "Instrumentasi dan Pengukuran Listrik."
- [17] "25485637-Konsep-Kesalahan-Pengukuran." .

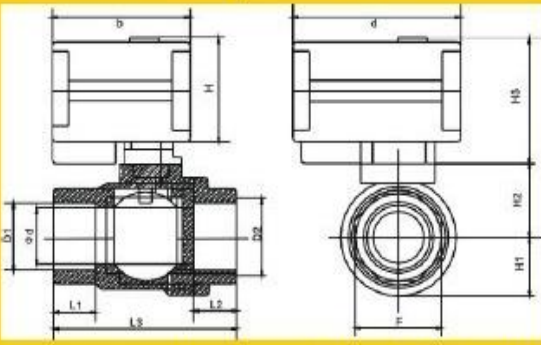
LAMPIRAN

Lampiran A

1. MOV CWX 15N

TECHNICAL PARAMETERS									
Series	Max torque	Operating time	Working voltage	Max power	Enclosures	Max pressure	Medium temperature	Ambient temperature	
CWX-15	2N.m	3-5S	DC5V	<2W	IP65	1.6Mpa	0-100℃	-20℃~+45℃	
			AC/DC9-24V						
			AC85-265V						

 CE RoHS	FEATURES				APPLICATION			
	Mini dimension suit for small equipment				HVAC			
	Patented technology-floating seal structure				Water treatment			
	Long service life:80000-100000 cycles				Chemical process			
	Low working current, suitable for battery driving				Small equipment for automatic Control			
	Quickly open and position indicator				Replacing solenoid valve, particularly when solenoid can't work reliably			
	Metal gearbox and POM gear							
	High flow capability							

	PARTS	MATERIAL
	Actuator housing	ABS
	Valve body	SS304,316
	Valve ball	SS304,316
	Stem	SS304,316
	Ball seat	PTFE
	Seal	EPDM

Valve body Dimension(mm)		Size	D1/D2	Φd	L1	L2	L3	F	H1	H2	H3	b	d	W(kg)
Both female screw		DN16	G1/2"	16	11	11	64	27	18	22	60	52	82	0.34
		DN20	G3/4"	16	10	10	61	22	22	22	60	52	82	0.33
		DN25	G1"	20	18	18	73	35	28	28	60	52	82	0.60

WIRING					
CR01(2 wires)	CR02(3wires)	CR03(3wires)	CR04(2wires)	CR05(5wires)	CR06(6wires)
Standard control	Two point control	One point control	Auto-return	Signal feedback	Two point control

Lampiran B.

2. *Float Switch*

Specification:

Material: Stainless
Steel

Color: Silver

Max Contact Rating:
10W

Max switching
voltage: 100V DC

Max switching
current: 0.5A

Max breakdown
voltage: 220V DC

Max carry current: 1A

Max contact resistance: 100m

Max temperature: -30~+125

Thread Dia(Approx): 10mm

Cable Length: Approx 350mm/13.78"

Size: 21.5x2.4cm/8.46x0.94inch



Lampiran C.

3. Feed Water Pump



Spesifikasi

Brand: Alencass

Model: 8806

Voltage: 24V DC

Electric current: 0.65 A

Working pressure: 80psi

Max. pressure: 135psi

Lampiran D.

Mikrokontroler ATmega32

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024 Bytes EEPROM
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C[†]
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 2 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pin QFNMLF
- Operating Voltages
 - 2.7 – 5.5 V for ATmega32A
- Speed Grades
 - 0 – 16 MHz for ATmega32A
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32A
 - Active: 0.6 mA
 - Idle Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



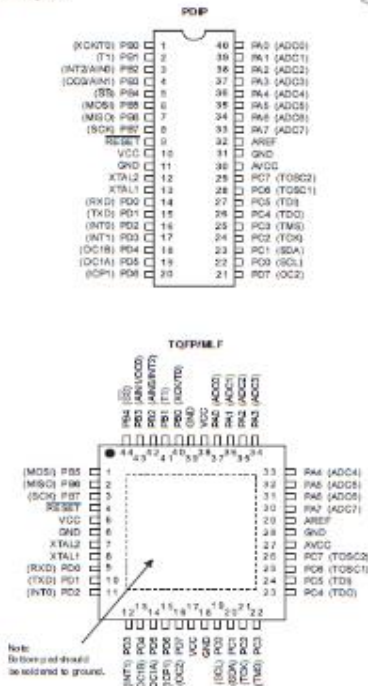
8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 32K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32A

Summary

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega32A

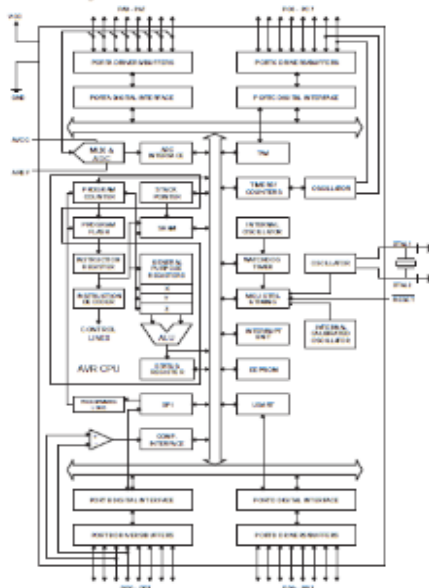


2. Overview

The ATmega32A is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32A achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



Lampiran E.

Listing program

```
void read_level(){
    if(read_adcFs_down > 500)    level_down = 1;    else
level_down = 0;
    if(read_adcFs_up > 500)    level_up = 1;    else level_up =
0;
    if(read_adcFs_danger > 500)    level_danger = 1;    else
level_danger = 0;

    if(level_danger == 1 && level_up == 1 && level_down == 1){
        level = 'D';
        delay_ms(500);
        s_water_inlet = 1;    //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(500);
        s_water_outlet = 0;    //SOLENOID ON
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = BAHAYA  ");
        buzzer = 1;
    }else if(mov2_deg > 20){
        if(suhu < 125){
            buzzer = 0;
        }
        level = 'A';
        s_water_inlet = 0;    //SOLENOID OPEN
        s_water_outlet = 1;    //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(100);
    }

    if(level_up == 1 && level_down == 1){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = TINGGI  ");
        if(mov2_deg > 0){
            mov_water(1);    //MOV CLOSE
```

```

        mov_water(3);
    }
    if(mov2_deg <= 0){
        mov_water(3); //MOV NO OPERATION
        s_water_outlet = 0;
    }else{
        s_water_outlet = 1;
    }
}else if(level_down == 0){
    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_putsf("LEVEL = RENDAH   ");
    if(mov2_deg < 100){
        mov_water(2); //MOV OPEN
        mov_water(3);
    }
    if(mov2_deg >= 100){
        mov_water(3); //MOV NO OPERATION
    }
}

}else if(level_down == 1){
    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_putsf("LEVEL = SEDANG   ");
    s_water_outlet = 1;
    s_water_inlet = 0;
    if(mov2_deg > 50){
        mov_water(1); //MOV CLOSE
        mov_water(3);
    }if(mov2_deg < 50){
        mov_water(2); //MOV OPEN
        mov_water(3);
    }
    if(mov2_deg == 50){
        mov_water(3); //MOV NO OPERATION
    }
}

```

BIODATA PENULIS



Nama: Novi Laraswati

Tempat & Tanggal Lahir: Tulungagung,
17 November 1996

Anak ke: 1

Saudara kandung: 2

Kontak:

- HP: +6282230774404
- Email: laraswati517@gmail.com
- Line: [laraswatii17](#)

Riwayat Pendidikan:

1. SDN 1 Boyolangu (2003-2009)
2. SMPN 1 Tulungagung (2009-2012)
3. SMAN 1 Boyolangu (2012-2015)
4. D3 Teknik Instrumentasi – ITS (2015-sekarang)